



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 06 106 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 01 L 9/04**

②① Aktenzeichen: 197 06 106.0  
②② Anmeldetag: 17. 2. 97  
②③ Offenlegungstag: 27. 8. 98

DE 197 06 106 A 1

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Clemens, Wolfgang, Dr., 90617 Puschendorf, DE;  
Ludwig, Klaus, 91781 Weißenburg, DE; Wimmer,  
Richard, 94431 Pilsting, DE; Koch, Achim, 93105  
Tegernheim, DE

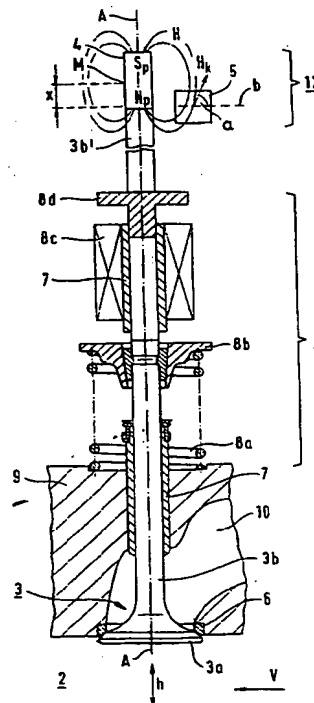
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 44 38 059 A1  
EP 07 17 172 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Ventileinrichtung eines Verbrennungsmotors

⑤⑦ Die Ventileinrichtung (2) enthält elektromagnetische Betätigungsmittel (8) zur Hubbewegung (h) eines Ventils (3). Ferner sind die Meßmittel (12) vorgesehen, die ein mit einem Ventilschaft (3b') verbundenes magnetfelderzeugendes Element (4) sowie einen magnetfeldempfindlichen Sensor (5) aufweisen. Der Sensor besitzt ein einen magnetoresistiven Effekt (GMR) zeigendes Schichtensystem.



DE 197 06 106 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Ventileinrichtung eines Verbrennungsmotors mit Betätigungsmitteln zu einer Hubbewegung eines Ventils, das einen Ventilteller und einen sich in Bewegungsrichtung des Ventils erstreckenden Ventilschaft aufweist. Eine entsprechende Ventileinrichtung geht z. B. aus dem Buch von H. Grohe: "Otto- und Dieselmotoren", 9. Auflage, 1990, Vogel-Buchverlag Würzburg (DE), Seiten 124 bis 131 hervor.

In bekannten Verbrennungsmotoren sind die im allgemeinen als Ventiltrieb bezeichneten Betätigungsmittel zur Bewegung der einzelnen Ventile rein mechanisch ausgelegt. Dabei wird die Hubbewegung eines Ventils z. B. dadurch erreicht, daß eine den Ventilteller des Ventils in einer Sollposition an einem Ventilsitz haltende Ventilsfeder mittels eines an dem Ventilschaft angreifenden Kipphebels, zusammenge-drückt wird, wobei der Kipphebel über eine Stoßstange mit einem Stößel von einer Nockenwelle aus betätigt wird (vgl. die vorgenannte Veröffentlichung).

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Ventileinrichtung mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszugestalten, daß eine gesteuerte Einstellung des Ventilhubes ermöglicht ist, ohne daß es einer Nockenwelle bedarf.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Betätigungsmittel elektro-mechanisch gestaltet sind und daß Meßmittel zur kontaktlosen Bestimmung der Stellposition des Ventils vorgesehen sind, welche ein mit dem Ventilschaft verbundenes Element zur Erzeugung eines vorbestimmten Magnetfeldes sowie mindestens einen magnetfeldempfindlichen Sensor enthalten, der ein erhöhtes magnetoresistiven Effekt zeigendes Schichtensystem mit einer Meßschicht zur Erfassung des Magnetfeldes aufweist, wobei das magnetfelderzeugende Element relativ zu dem magnetfeldempfindlichen Sensor derart zu führen ist, daß die auf die Meßschicht auftreffenden Komponenten des Magnetfeldes mit einer Bezugsachse in der Meßschichtebene einen mittleren Winkel einschließen, der eindeutig mit der jeweiligen Position des magnetfeldempfindlichen Sensors relativ zu dem magnetfelderzeugenden Element korreliert ist.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, daß die Linearbewegung des Ventilschaftes und damit des mit ihm starr verbundenen magnetfelderzeugenden Elementes mittels des besonderen, an sich bekannten magnetoresistiven Schichtensystems trotz kritischer Meßbedingungen kontaktlos zu messen ist. Da es sich nämlich um die Ein- und Auslaßventile eines Verbrennungsmotors handelt, ist es am Ort des Sensors sehr heiß, wobei typische Umgebungstemperaturen von etwa 150°C herrschen. Darüber hinaus kann der Ventilschaft sich drehen und außerdem auch leicht kippen. Ferner muß der Hub, der typischerweise +/- 4 mm beträgt, auf etwa 1/100 mm genau gemessen werden, um eine effektive Ventilsteuerung zu ermöglichen. Es wurde erkannt, daß sich Sensoren mit einem an sich bekannten, einen erhöhten magnetoresistiven Effekt zeigenden Schichtensystem unter den genannten erschwerten Bedingungen einsetzen lassen. Der magnetoresistive Effekt derartiger Schichtensysteme ist isotrop.

Mit einem solchen magnetoresistiven Schichtensystem, das insbesondere auch eine sich periodisch wiederholende Schichtenfolge aufweisen kann, ist außerdem vorteilhaft eine solche Steuerung der elektromagnetischen Betätigungsmittel der erfindungsgemäßen Ventileinrichtung zu realisieren, daß ein hartes Anschlagen des Ventils in seiner Auf- und/oder Zuposition vermieden wird. Außerdem läßt sich die Steuerung so vornehmen, daß dabei der Verbrauch

an elektrischer Energie insbesondere der Betätigungsmittel auf ein verhältnismäßig geringes Maß begrenzt bleibt.

Ferner ist unter Verwendung des besonderen magnetoresistiven Schichtensystems vorteilhaft eine Temperaturkompensation möglich. Außerdem wird vorteilhaft mit dem Schichtensystem im wesentlichen nur die Richtung eines Streufeldes gemessen, so daß die Kennlinie des Sensors nicht stark von dem Abstand des Schaftes zum Sensor abhängig ist. Es wird hier nur die Steilheit der Kennlinie leicht beeinflußt. Darüber hinaus sind keine zusätzlichen flußführenden Elemente nötig, die genau positioniert werden müßten und die magnetische Hysteresen verursachen könnten. Das Signal des Sensors ist analog und frequenzunabhängig, so daß die Auflösung des Hubweges im wesentlichen nur von einer auswertenden Elektronik abhängt. Der Signalhub der besonderen Sensoren beträgt typischerweise 3% des Grundwiderstandes und ist somit deutlich höher als z. B. von Hallsensoren oder anisotropen magnetoresistiven Sensoren unter vergleichbaren Bedingungen. Dies begünstigt auch das Signal/Rauschverhältnis bei der Auswertung des Sensorsignals.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Ventileinrichtung gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird nachfolgend auf die schematische Zeichnung Bezug genommen, in deren Fig. 1 eine Ventileinrichtung nach der Erfindung veranschaulicht ist. Fig. 2 zeigt in einem Diagramm das Meßsignal eines Sensors einer solchen Ventileinrichtung. Aus den Fig. 3 bis 5 geht eine besondere Ausführungsform von Betätigungsmitteln einer erfindungsgemäßen Ventileinrichtung in Fig. 1 entsprechender Darstellung hervor. In den Fig. 6 und 7 sind spezielle Gestaltungen von magnetfelderzeugenden Elementen einer solchen Ventileinrichtung angedeutet. Dabei sind in den Figuren sich entsprechende Teile jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

Die erfindungsgemäße, in Fig. 1 allgemein mit 2 bezeichnete und im Längsschnitt dargestellte Ventileinrichtung weist Meßmittel 12 zur kontaktlosen Bestimmung der Stellposition eines Ventils 3 auf, mit denen ein von der Stellposition abhängiges elektrisches Signal zu erzeugen ist, welches mit einer nachgeschalteten Elektronik weiterverarbeitet wird. Erfindungsgemäß sollen als signalerzeugende Mittel jeweils mindestens ein besonderes magnetfelderzeugendes Element 4 und mindestens ein besonderer magnetfeldempfindlicher Sensor 5 vorgesehen sein.

Diesem Sensor ist eine in der Figur nicht dargestellte signalauswertende Elektronik zugeordnet. Er soll ein Dünnschichtensystem aufweisen, das einen erhöhten magnetoresistiven Effekt, der vielfach als "Giant Magneto Resistance" (GMR)-Effekt bezeichnet wird, zeigt. Entsprechende Dünnschichtensysteme sind an sich bekannt (vgl. z. B. WO 94/17426, WO 94/15223, EP 0 483 373 A oder die DE-A-Schriften 42 32 244 oder 42 43 357). Ihr magnetoresistiver Effekt  $M_r$  soll mindestens 3% betragen. Im allgemeinen wird der magnetoresistive Effekt  $M_r$  bekannter GMR-Dünnschichtensysteme wie folgt definiert:

$$M_r = \Delta R/R(0) = [R(0) - R(B)]/R(0).$$

Hierbei sind  $R(B)$  der elektrische Widerstand im Magnetfeld mit einer Induktion  $B$  und  $R(0)$  der Widerstand bei fehlendem Magnetfeld. Entsprechende Dünnschichtensysteme weisen eine Meßschicht auf, mit der das von dem magnetfelderzeugenden Element hervorgerufene Magnetfeld  $H$  erfaßt wird. Dieses Magnetfeld soll so aussehen, daß die von dem Schichtensystem des magnetfeldempfindlichen Sensors 5 erfaßten Magnetfeldkomponenten  $H_k$  bei einer relativen

Verschiebung des magnetfelderzeugenden Elementes 4 bezüglich des ortsfest angeordneten magnetfeldempfindlichen Sensors 5 unter sich stetig ändernden Winkeln bezüglich der Meßschicht des Schichtensystems ausgerichtet sind. Besonders geeignet ist deshalb ein Magnetfeld H, das in einer Meßschichtebene zumindest weitgehend dem eines stabförmigen Permanentmagneten entspricht. Deshalb wird zweckmäßigerweise ein entsprechender Permanentmagnet als magnetfelderzeugendes Element verwendet. Das magnetfelderzeugende Element ist dann relativ zu dem magnetfeldempfindlichen Sensor 5 so beweglich, daß die auf die Meßschicht des Sensors auftreffenden Komponenten  $H_k$  des Magnetfeldes mit einer Bezugsrichtung oder -achse b in der Meßschichtebene einen mittleren Winkel  $\alpha$  einschließen, der eindeutig mit der jeweiligen Position des Ventils korreliert ist. Dabei wird von der Tatsache ausgegangen, daß der erhöhte magnetoresistive Effekt (GMR) im wesentlichen nur eine Abhängigkeit von dem Winkel der Meßschicht bezüglich der Magnetfeldkomponenten und nicht von der Magnetfeldstärke zeigt.

Besonders vorteilhaft wird für die erfindungsgemäße Ventileinrichtung ein magnetoresistives Schichtensystem vorgesehen, das magnetische Schichten mit unterschiedlicher Koerzitivfeldstärke aufweist, die gegenseitig magnetisch entkoppelt sind (vgl. z. B. auch EP 0 498 344 A). Die Magnetisierungsrichtungen der beiden Schichten sind dabei ohne Einwirkung eines äußeren Magnetfeldes im allgemeinen antiparallel ausgerichtet. Bei einem solchen Schichtensystem kann die magnetisch härtere, vielfach auch als Biaschicht bezeichnete Schicht oder ein entsprechendes Schichtensubsystem insbesondere als sogenannter künstlicher Antiferromagnet (vgl. die genannte WO 94/15223) ausgeführt sein. Für die nachfolgend beschriebenen Ventileinrichtungen nach der Erfindung sei eine Ausführungsform eines solchen Schichtensystems mit mindestens einem künstlichen Antiferromagneten zugrundegelegt. Für entsprechende Schichtensysteme wird der magnetoresistive Effekt auch folgendermaßen definiert:

$$M_r = \Delta R/R_p = (R_{ap} - R_p)/R_p.$$

Dabei ist mit  $R_p$  der Widerstand des Schichtensystems bezeichnet, der sich ergibt, wenn die Richtung eines externen Magnetfeldes parallel zu einer vorbestimmten Bezugsrichtung gerichtet ist. Diese Bezugsrichtung des Schichtensystems ist dabei durch die Magnetisierungsrichtung der magnetisch härteren Schicht bzw. eines entsprechenden Schichtensubsystems festgelegt und in der Fig. 1 mit b bezeichnet. Bei dem Widerstand  $R_{ap}$  handelt es sich um den Widerstand des Schichtensystems, der sich bei einer Ausrichtung des externen Magnetfeldes antiparallel zu der vorgenannten Bezugsrichtung ergibt.

Selbstverständlich kann auch das für einen Sensor 5 vorzusehende Schichtensystem mit einem erhöhten magnetoresistiven Effekt in an sich bekannter Weise eine periodische Wiederholung der Schichtenfolge von magnetisch über mindestens eine Zwischenschicht gekoppelten oder entkoppelten magnetischen Schichten mit gleicher oder verschiedener Koerzitivfeldstärke aufweisen.

Ein prinzipieller Aufbau einer entsprechenden Ventileinrichtung eines Verbrennungsmotors ist aus Fig. 1 ersichtlich. Bei dem Verbrennungsmotor kann es sich um eine beliebige Brennkraftmaschine, z. B. um einen Otto- oder Dieselmotor handeln, bei der die erfindungsgemäße Ventileinrichtung einen mit dem Ventil steuerbaren Zugang zu einem Verbrennungsraum ermöglicht. Folglich liegen das magnetfelderzeugende Element 4 und der mindestens eine magnetfeldempfindliche Sensor 5 im allgemeinen auf erhöhter Um-

gebungstemperatur, beispielsweise auf einem Temperaturniveau von über 100°C. In Fig. 1 sind ferner bezeichnet ein Ventilteller und ein Ventilschaft des längs einer Achse A beweglichen Ventils 3 mit 3a bzw. 3b, ein Ventilsitzring mit 6, eine Ventilschaftführung mit 7 sowie elektromechanische Betätigungsmittel zur Bewegung des Ventils mit 8. Diese auch als Ventilaktuator bezeichneten Betätigungsmittel weisen gemäß dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine Ventilsfeder 8a auf, die sich auf ihrer einen Seite an einem Motorblockteil 9 abstützt, in welchem ein von dem Ventil absperrbarer Ein- oder Auslaßkanal 10 für ein Gasgemisch bzw. für ein Abgas verläuft. Auf der gegenüberliegenden Seite stützt sich die Ventilsfeder 8a an einem Ventilsfedersteller 8b ab. Zum Zusammendrücken der Ventilsfeder 8a und damit zum Öffnen des Ventils sind ferner die Betätigungsmittel 8 mit einem den Ventilschaft 3b umschließenden Hubmagneten 8c versehen. Im erregten Zustand zieht dann der Hubmagnet ein mit dem Ventilschaft starr verbundenes, beispielsweise tellerförmiges Hubelement 8d an. Dieses Hubelement besteht deshalb aus einem ferromagnetischen Material, während der Ventilschaft zumindest im Bereich des Hubmagneten 8c nicht-magnetisch ist. Das Ventil 3 ist somit elektromechanisch zu betätigen.

Wie ferner aus Fig. 1 hervorgeht, wird der GMR-Sensor 5 zu einer kontaktlosen Erfassung und Steuerung der Ventilposition bei der durch einen Doppelpfeil veranschaulichten Hubbewegung h des Ventils eingesetzt. Hierzu ist auf der dem Ventilteller 3a abgewandten Seite des Ventilschaftes 3b an einem Teilstück 3b' dieses Schaftes außerhalb des Magnetfeldbereichs des Hubmagneten 8c das magnetfelderzeugende Element 4 vorzugsweise in Form eines Permanentmagneten befestigt oder in dieses Teilstück integriert. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Permanentmagnet so angeordnet, daß die durch einen Nordpol Np und einen Südpol Sp veranschaulichte Magnetisierung dieses Magneten in Richtung der Achse A bzw. der Hubbewegung h des Ventils weist. Insbesondere sollte der Permanentmagnet eine zumindest weitgehend zylindrische oder hohlzylindrische Form haben, damit eine Verdrehung des Ventils praktisch keinen Einfluß auf das von dem Magneten erzeugte Streufeld hat. Von diesem Streufeld ist in der Figur eine auf die Meßschicht des GMR-Sensors 5 auftreffende Komponente mittels einer mit  $H_k$  bezeichneten gepfeilten Linie veranschaulicht.

Bei der Hubbewegung h des Permanentmagneten trifft dann diese Streufeldkomponente  $H_k$  unter unterschiedlichen Winkeln  $\alpha$  auf die Meßschicht des GMR-Sensors 5 auf. Der Winkel  $\alpha$  ist dabei definiert durch die Richtung der Magnetfeldkomponente  $H_k$  bezüglich einer Bezugsachse b in der Meßschichtebene. Diese Bezugsachse steht gemäß dem gewählten Ausführungsbeispiel senkrecht auf der Achse A. Wegen der bekannten  $\cos\alpha$ -Abhängigkeit von GMR-Sensoren (vgl. z. B. WO 94/17426) ergibt sich dann bei dem gezeigten Aufbau eine zumindest weitgehend lineare Widerstandsänderung des Sensors in Abhängigkeit von der Auslenkung des Permanentmagneten aus einer vorgegebenen Nullage.

In Fig. 2 ist in einem Diagramm eine Kennlinie des Sensors bei einer Anordnung gemäß Fig. 1 wiedergegeben. Diese Kennlinie zeigt die Abhängigkeit eines in Ordinateurichtung aufgetragenen Sensorsignals S (in willkürlichen Einheiten) von dem Ventilhub bzw. der Hubbewegung h. Dabei ist auf der Abszisse die bei der Hubbewegung sich ergebende Auslenkung in Ordinateurichtung aufgetragenen aus einer Bezugslage (in willkürlichen Einheiten) angegeben. Hierbei ist ausgenutzt, daß ein GMR-Sensor im wesentlichen empfindlich auf die Richtung des externen Magnetfeldes relativ zu einer intrinsischen Bezugsachse ist,

nicht aber auf die Feldstärke des externen Feldes (solange sich die Feldstärke in einem bestimmten Bereich befindet). Diese Abhängigkeit zeigt sich in einem cosinusförmigen Verlauf des Sensorwiderstandes als Funktion des Winkels des externen Feldes zur Bezugsachse. Bei der Auf- und Abbewegung des Ventils mit dem Permanentmagneten dreht sich die Richtung des Streufeldes des Magneten an der Sensorposition: somit ändert sich auch die Kennlinie des Sensors, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Über einen bestimmten Bereich der Hubbewegung ist diese Kennlinie linear. Dieser lineare Bereich hängt ab von der Länge des Magneten sowie vom Abstand des Sensors zur Achse des Ventilschaftes. Um eine möglichst symmetrische Kennlinie zu erhalten, sollte der Sensor vorzugsweise so angeordnet sein, daß er sich bei einer Mittellage des Ventils (im halbgeöffneten Zustand) im wesentlichen auf der Höhe der Mitte M des Magneten befindet. Ein solcher Fall ist der Kennlinie der Fig. 2 zugrundegelegt.

Abweichend von der in Fig. 1 dargestellten Anordnungsmöglichkeit von Permanentmagnet (magnetfelderzeugendem Element) 4 und Sensor 5, wonach die magnetfeldempfindliche Meßschicht des Sensors in einer Ebene liegt, deren Normale senkrecht bezüglich der Achse A des Magneten verläuft, kann der Sensor auch so montiert werden, daß die Ebene seiner magnetfeldempfindlichen Meßschicht eine Normale besitzt, die parallel zur Achse A verläuft. Darüber hinaus können auch mehrere entsprechende Sensoren vorgesehen sein, die auch bezüglich der Achse A verschieden ausgerichtet sein können. So ist z. B. eine Anordnung mehrerer Sensoren auf einer gedachten, konzentrisch die Achse A umschließenden Mantelfläche eines fiktiven Zylinders möglich. Insbesondere lassen sich zwei diametral auf einer derartigen gedachten Mantelfläche angeordnete Sensoren vorsehen. Außerdem kann mit mehreren Sensoren vorteilhaft eine Brückenschaltung aufgebracht sein. Damit läßt sich unter Einsatz weiterer elektronischer Schaltungsmittel eine Temperaturkompensation des Meßsignals erreichen, da die Sensoreigenschaften einen zumindest weitgehend linearen Temperaturverlauf haben.

Bei den Ausführungsformen mit Bezugsrichtung b und Sensorebene des Sensors 5 vorzugsweise senkrecht zur Ventilachse A können gegebenenfalls auch leichte Abweichungen von der 90°-Ausrichtung, d. h. leichte Verkippen, toleriert werden.

Gemäß dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel wurde davon ausgegangen, daß es sich bei der Ventildfeder 8a um eine auf Druck beanspruchte Feder handelt, die zum Öffnen des Ventils 3 mittels des Hubmagneten 8c weiter zusammenzudrücken ist. Selbstverständlich sind auch andere Betätigungsmittel zum Öffnen und Schließen des Ventils ebenso geeignet. So können z. B. auch Zugfedern vorgesehen werden, die mittels eines Hubmagneten weiter auseinandergezogen werden. D. h., unter einem Hubmagnet und einem Hubelement der erfindungsgemäßen Ventileinrichtung wird jede Art von Mitteln verstanden, mit deren Hilfe die Federlänge zu ändern ist, um das Ventil zu öffnen oder zu schließen. Gegebenenfalls kann bei den Betätigungsmitteln 8 der erfindungsgemäßen Ventileinrichtung auch auf eine Ventildfeder völlig verzichtet sein und deren Funktion durch einen weiteren Hubmagneten mit Hubelement ausgeübt werden. Es ist dann auch möglich, zum Öffnen und Schließen des Ventils dessen Hubbewegung h mittels eines einzigen Hubmagneten mit entsprechendem Hubelement zu vollziehen.

In den Fig. 3 bis 5 ist eine besondere Ausführungsform von Betätigungsmitteln 15 zum Öffnen und Schließen eines Ventils 3 bei offenem Ventil (Fig. 3) bzw. bei halb offenem, in einer Gleichgewichtsposition befindlichem Ventil (Fig. 4)

bzw. bei geschlossenem Ventil jeweils als Längsschnitt veranschaulicht. Die Betätigungsmittel weisen hier zwei Hubmagnete 16 und 17 auf, wobei der untere, dem Ventilteller 3a zugewandte Magnet 16 zum Öffnen des Ventils und der obere Magnet 17 zum Schließen des Ventils dienen. Mittels zweier Ventildedern 18 und 19 unterhalb des unteren Magneten 16 bzw. oberhalb des oberen Magneten 17 wird ein mit einem Ventilschaft 3b verbundenes, ringscheibenförmiges Hubelement 8d bei fehlender oder gleich starker Erregung der Magnete 16 und 17 zweckmäßigerweise in einer Gleichgewichtsposition gehalten, wobei sich dann das Ventil 3 im halbgeöffneten Zustand befindet (vgl. Fig. 4). Die Erregung der Magnete wird über in der Figur nicht dargestellte Meßmittel (12) mit dem besonderen magneto-resistiven Schichtensystem ihres mindestens einen Sensors gesteuert. In der Figur ist ferner ein den Ventilschaft 3b umschließendes hydraulisches Zentrierelement 20 angeordnet, das zu einer exakten Führung des Ventils bei der Hubbewegung dient.

Selbstverständlich können die Meßmittel 12 gemäß Fig. 1 insbesondere unter dem Gesichtspunkt eines kompakten Aufbaus und einer begrenzten Ausdehnung des Ventilschaftes auch an anderer Stelle des Ventilschaftes angeordnet werden. In Fig. 6 ist als Längsschnitt eine Ausführungsform angedeutet, bei der ein als magnetfelderzeugendes Element 22 dienender hohlzylindrischer Permanentmagnet um einen Ventilteller 19a einer Ventildfeder 19 angeordnet ist, bei der es sich beispielsweise um die in den Fig. 3 bis 5 gezeigte obere Ventildfeder 19 handeln kann. Der Permanentmagnet 22 weist wiederum vorteilhaft eine in axiale Richtung weisende, bezüglich der Ventilachse A rotationssymmetrische Magnetisierung auf. Die Fig. 6 zeigt ferner eine Halterung 23 mit einem magnetfeldempfindlichen Sensor 5, dessen Bezugsrichtung b senkrecht zur Magnetisierungsrichtung des magnetfelderzeugenden Elementes verläuft.

Bei den den Fig. 1 und 6 zugrundegelegten Ausführungsformen von erfindungsgemäßen Ventileinrichtungen wurde davon ausgegangen, daß der verwendete Magnet als magnetfelderzeugendes Element 4 bzw. 22 axial magnetisiert ist. Eine derartige Ausrichtung der Magnetisierung ist jedoch nicht unbedingt erforderlich. So kann auch ein magnetfelderzeugendes Element mit radialer Magnetisierung vorgesehen werden. Wichtig ist dabei wiederum, daß immer die Bezugsachse b des magnetfeldempfindlichen Sensors zumindest weitgehend senkrecht zur Magnetisierungsrichtung verläuft. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel ist in Fig. 7 angedeutet. Die dort gezeigten Meßmittel 25 einer erfindungsgemäßen Ventileinrichtung unterscheiden sich von der Ausführungsform 21 nach Fig. 6 im wesentlichen nur darin, daß das magnetfelderzeugende Element 26 in Form eines hohlzylindrischen Permanentmagneten in radialer Richtung magnetisiert ist. Auch in diesem Fall ist die Magnetisierung rotationssymmetrisch bezüglich der Ventilachse A. Der zugeordnete magnetfeldempfindliche Sensor 27 weist dann eine Bezugsrichtung bzw. -achse b, die zumindest annähernd in axialer Richtung liegt, also senkrecht auf der Magnetisierungsrichtung des Elementes 26 steht. Eine derartige Ausführungsform der Meßmittel 25 hat insbesondere folgende Vorteile:

Während sich für einen axial magnetisierten Permanentmagneten wie z. B. gemäß Fig. 1 eine besonders homogene Feldstärkeverteilung ergibt, weist dieser Magnet jedoch eine verhältnismäßig große axiale Länge auf, die im allgemeinen größer als die Hubbewegung h ist. Der Materialbedarf für einen derartigen Magneten ist dementsprechend groß. Demgegenüber können Permanentmagnete mit radialer Magnetisierung wie z. B. der Magnet 26 nach Fig. 7 in axialer Richtung deutlich kürzer als die Hubbewegung h ausgeführt sein.

Es ergibt sich so eine entsprechende Materialersparnis. Außerdem läßt sich dann der Sensor 27 besonders gut in ein für die Meß- und Betätigungsmittel erforderliches Gehäuse integrieren.

Falls bei einer erfindungsgemäßen Ventileinrichtung eine Verdrehung der Ventilachse A unterbunden werden kann, lassen sich auch Ausführungsformen von magnetfelderzeugenden Elementen vorsehen, bei denen eine rotationssymmetrische Magnetisierung nicht gegeben ist. So kann dann z. B. bei einer Ausführungsform der Meßmittel 25 nach Fig. 7 der hohlzylindrische Permanentmagnet 26 durch einen Stabmagneten mit radialer Stabachse ersetzt werden, dessen einer Magnetpol dem Sensor 27 zugewandt ist.

Sollte bei erfindungsgemäßen Ventileinrichtungen insbesondere unter dem Gesichtspunkt einer kompakten Bauweise der magnetfeldempfindliche Sensor im Bereich von magnetischen Störfeldern, die z. B. von einem Hubmagneten der Betätigungsmittel erzeugt werden, anzuordnen sein, so können zur Störfeldverminderung selbstverständlich auch magnetische Abschirmmittel vorgesehen werden.

Die den in den Fig. 1, 6 und 7 dargestellten Ventileinrichtungen nach der Erfindung weisen jeweils als magnetfelderzeugendes Element 4 bzw. 22 bzw. 26 einen Permanentmagneten auf. Die von diesen Magneten erzeugten Magnetfelder können aber ebenso gut auch von Elektromagneten hervorgerufen werden.

#### Patentansprüche

1. Ventileinrichtung eines Verbrennungsmotors mit Betätigungsmitteln zu einer Hubbewegung eines Ventils, das einen Ventilteller und einen sich in Bewegungsrichtung des Ventils erstreckenden Ventilschaft aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungsmittel (8, 15) elektromechanisch ausgestaltet sind und daß Meßmittel (12, 21, 25) zu einer kontaktlosen Bestimmung der Stellposition des Ventils (3) vorgesehen sind, welche ein mit dem Ventilschaft (3b') verbundenes Element (4, 22, 26) zur Erzeugung eines vorbestimmten Magnetfeldes (H) sowie mindestens einen magnetfeldempfindlichen Sensor (5, 27) enthalten, der ein erhöhten magnetoresistiven Effekt zeigendes Schichtensystem mit einer Meßschicht zur Erfassung des Magnetfeldes (H) aufweist, wobei das magnetfelderzeugende Element (4, 22, 26) relativ zu dem magnetfeldempfindlichen Sensor (5, 27) derart zu führen ist, daß die auf die Meßschicht auftreffenden Komponenten ( $H_x$ ) des Magnetfeldes mit einer Bezugsachse (b) in der Meßschichtebene einen mittleren Winkel ( $\alpha$ ) einschließen, der eindeutig mit der jeweiligen Position des magnetfeldempfindlichen Sensors (5, 27) relativ zu dem magnetfelderzeugenden Element (4, 22, 26) korreliert ist.

2. Ventileinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetfelderzeugende Element (4, 22) vorzugsweise durch einen Permanentmagneten gebildet ist.

3. Ventileinrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Permanentmagneten als magnetfelderzeugendes Element (4, 22), dessen Magnetisierung zumindest annähernd in Richtung der Achse (A) des Ventilschaftes (3b, 3b') verläuft.

4. Ventileinrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Permanentmagneten als magnetfelderzeugendes Element (26), dessen Magnetisierung zumindest annähernd senkrecht zur Achse (A) des Ventilschaftes (3b, 3b') gerichtet ist.

5. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis

4, gekennzeichnet durch einen Permanentmagneten als magnetfelderzeugendes Element (4, 22, 26) mit einer zumindest weitgehend zylinderförmigen oder hohlzylinderförmigen Gestalt.

6. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Anordnung des mindestens einen magnetfeldempfindlichen Sensors (5, 27) derart, daß die Normale auf der Ebene seiner Meßschicht zumindest annähernd senkrecht zu einer magnetischen Achse (A) des magnetfelderzeugenden Elementes (4, 22, 26) ausgerichtet ist.

7. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Anordnung des mindestens einen magnetfeldempfindlichen Sensors derart, daß die Normale auf der Ebene seiner Meßschicht zumindest annähernd parallel zu einer magnetischen Achse (A) des magnetfelderzeugenden Elementes ausgerichtet ist.

8. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Anordnung des mindestens einen magnetfeldempfindlichen Sensors (5) derart, daß er sich bei einer Mittellage des Ventils (3) zwischen geöffnetem und geschlossenem Zustand zumindest annähernd auf der Höhe der magnetischen Mitte (M) des magnetfelderzeugenden Elementes (4, 22) befindet.

9. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungsmittel (8) eine Ventilsfeder (8a) enthalten, deren axiale Länge mittels eines auf ein ferromagnetisches Hubelement (8d) des Ventilschaftes (3b) magnetisch einwirkenden Hubmagneten (8c) zu ändern ist.

10. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungsmittel (15) zwei Hubmagnete (16, 17) mit zugeordneten Ventilsfedern (18 bzw. 19) enthalten, mittels derer sich das Ventil (3) bei fehlender oder gleicher Erregung der Magnete (16, 17) in einem halboffenen Zustand befindet.

11. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch mehrere Sensoren.

12. Ventileinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Sensoren zu einer Brückenschaltung zusammengeschaltet sind.

13. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch mindestens einen Sensor (5, 27) mit einem Schichtensystem, das magnetische Schichten mit unterschiedlicher Koerzitivfeldstärke aufweist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

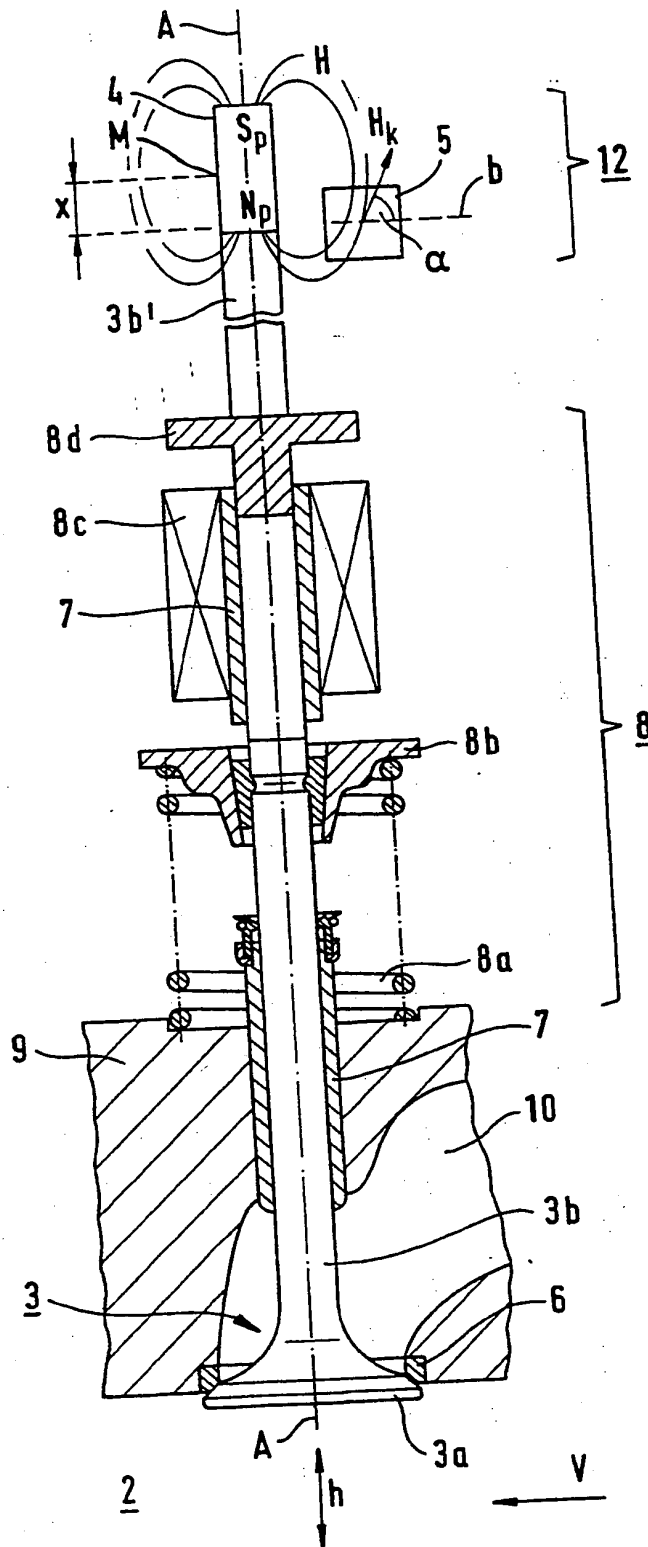


FIG 1

Nummer:  
Int. Cl.<sup>6</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 197 06 106 A1  
F 01 L 9/04  
27. August 1998

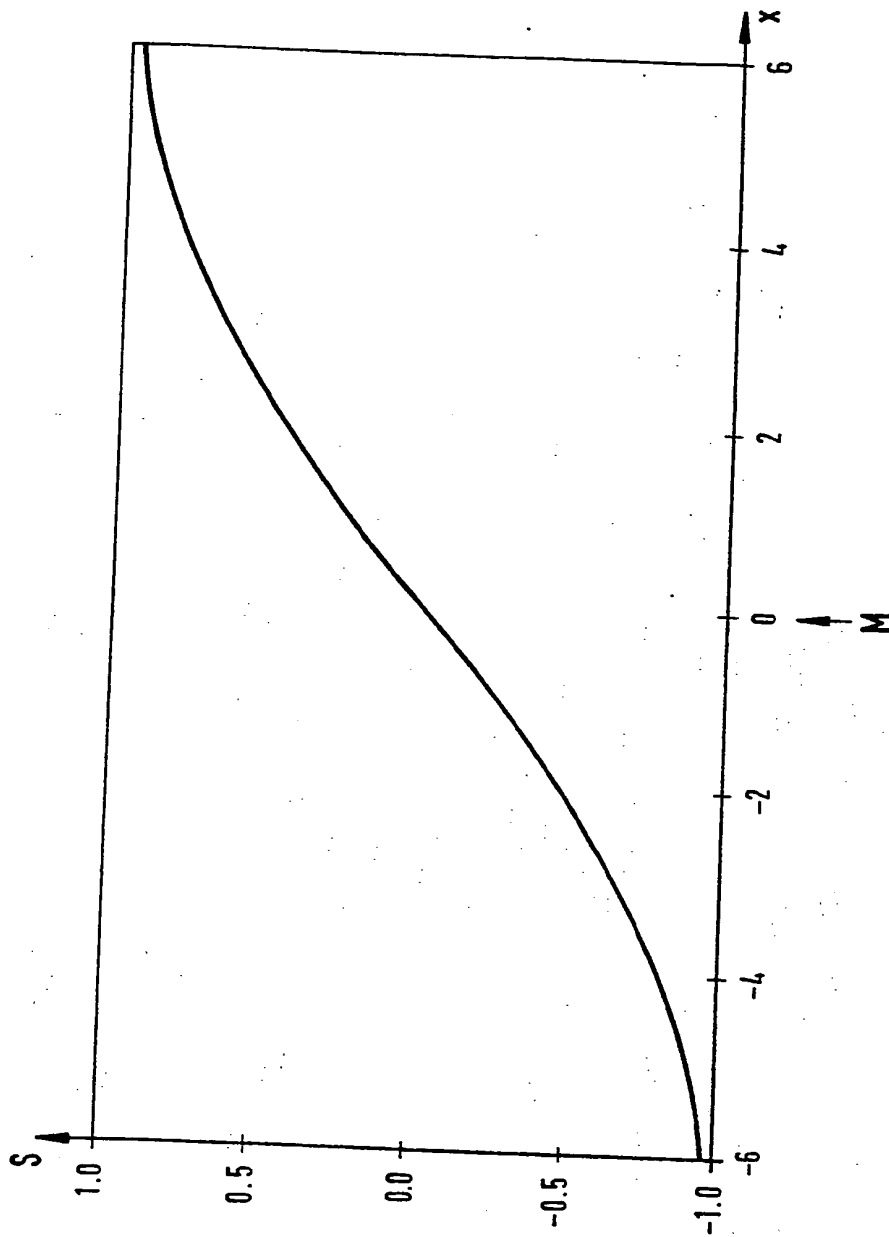


FIG 2



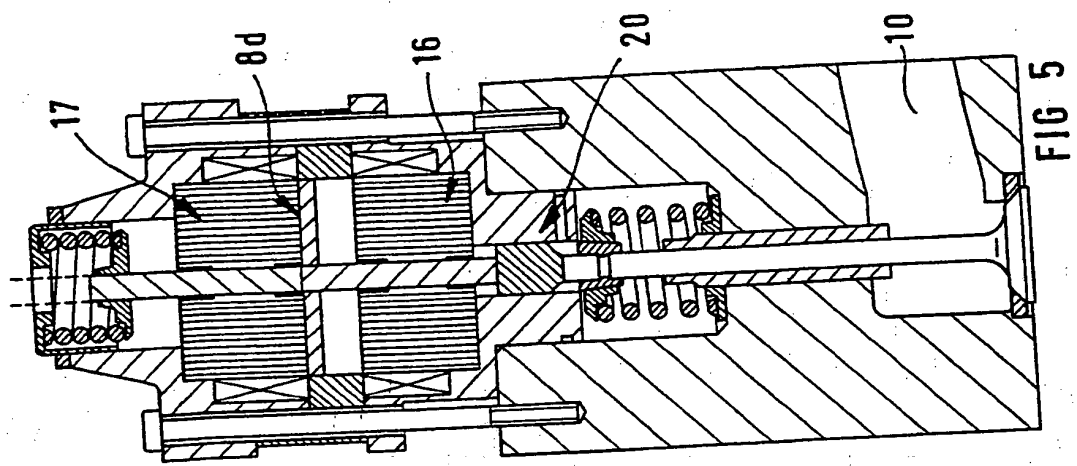


FIG 5

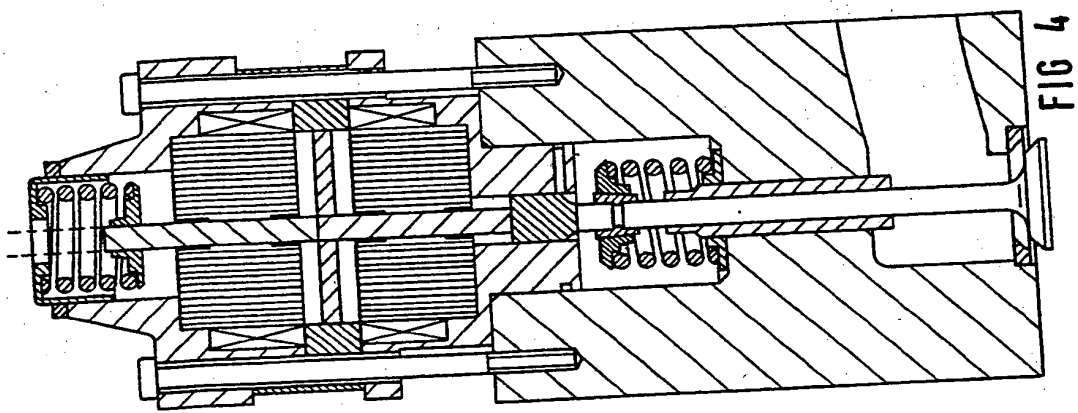


FIG 4

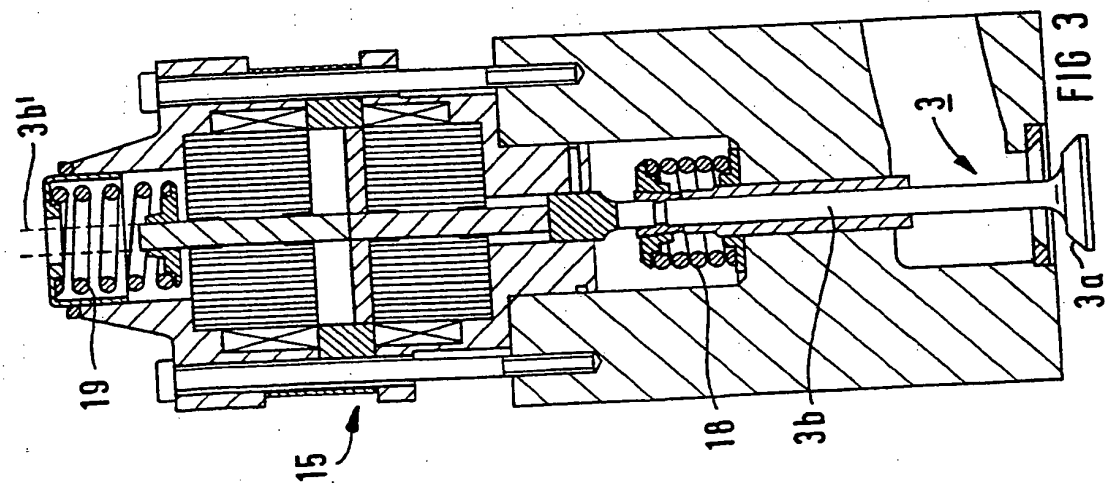


FIG 3

